

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23020071151267

UDC_____

厦门大学

硕士学位论文

浮游植物图像识别中的不变矩应用研究

Applications of Invariant Moments in Phytoplankton
Image Recognition

康 林

指导教师姓名: 杨 晨 晖 教 授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩时间: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

王博亮

2010 年 月

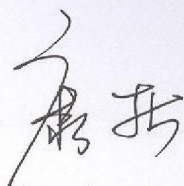
厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(海洋浮游植物显微自动识别系统)课题(组)的研究成果,获得(国家自然科学基金科学仪器基础研究项目,编号:40627001)课题(组)经费或实验室的资助,在(计算机应用技术所智能信息实验室)完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):



2010 年 6 月 3 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。


本学位论文属于：

() 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

(☒) 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：



2010年6月3日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

在基于图像的海洋浮游植物种类鉴定过程中,目标物的形状特征是重要的分类依据,图像矩是表达物体形状特征的常用特征参数。矩特征大致可以分为两种,即基于区域的矩特征和基于边界的矩特征,其中基于区域的矩特征同时利用了边界和边界内部的信息而被认为具有较好表达能力和鲁棒性。正交矩具有可逆性、分量独立性、低冗余性等特性,是当前矩研究中的热点之一,常用于图像重建等计算机视觉和模式识别应用系统中。离散正交矩定义在数字图像的坐标系下,并且具有较强的抗噪能力,被认为更适合应用于数字图像的分析处理。在浮游植物图像识别的相关文献中,广泛应用 Hu 矩、Zernike 矩和小波矩,但这些矩特征的应用效果还有待提高。本文较为系统地研究了图像矩在海洋浮游植物图像自动识别系统中的应用方法,探索构造更为有效的矩特征。

本文首先利用矩不变原理进行图像二值化的阈值估计,采用自适应区域生长方法对浮游植物图像进行分割;在分析实现 Hu 矩、Zernike 矩等经典矩特征提取算法的基础上,引入了形状表征能力更强的 Fourier-Mellin 矩、Chebyshev-Fourier 矩、Krawtchouk 矩,在不同条件下分析和比较这些矩在浮游植物图像识别中的性能;结合 dual-Hahn 多项式和 Zernike 矩的构造方式,提出并构造了满足旋转不变性的径向 dual-Hahn 矩,取得较好的分类效果,具有一定的创新性;改进了一种基于 Radon 变换的形状描述方法,作为矩特征的补充,取得了良好的效果。

关键词: 浮游植物图像 图像分割 矩特征 Radon 变换

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

In marine phytoplankton identification, shape is an important feature, and image moment is an often-used method for shape description. Moment feature, can glancing be divided into two categories, contour-based and region-based feature. Region-based descriptors, which use not only boundary information but also all the pixels inside the object, are deemed to some better expression and robustness. Orthogonal moment becomes a hotspot in the moment field recently attribute to its upstanding properties, including reversibility, component-independence and low-redundancy. Orthogonal moments are widely used in computer vision and pattern recognition such as image reconstruction. Discrete orthogonal moment is defined in the digital image coordinate, so it is more suitable for digital image analysis and processing as well as more robust against noise. Hu moment, Zernike moment and Wavelet moment are often appear in papers about phytoplankton image recognition, and there are still some room for improvement to them. This paper's research focus on the application methods of image moment in marine phytoplankton recognition and the construction of more impactful moment feature.

In this paper, it proposed a phytoplankton image segmentation method based on region-growth and moment preserving threshold estimation algorithm; It analyzed and implemented moments feature including Hu moment, Zernike moment, besides, more powerful moments like Fourier-Mellin moment, Chebyshev-Fourier moment, and Krawtchouk moment were brought in to compare them in different conditions and gave the conclusion of the most suitable moments in this phytoplankton identification system. Based on dual-Hahn polynomials and the construction form of Zernike moment, it proposed and applied an effective rotation-invariant radial dual-Hahn moment in the phytoplankton image identification system; Additionally, it presented another improved shape descriptor based on Radon transform which achieve some new affection as a supplementation of moment feature.

Keywords: Phytoplankton image; Image segmentation; Moment feature; Radon transform

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

中文摘要	I
英文摘要	III
第一章 绪 论	1
1.1. 课题背景及研究意义	1
1.2. 研究现状	2
1.2.1. 浮游植物自动识别	2
1.2.2. 图像矩的发展	3
1.3. 本课题概述	5
1.4. 主要内容和组织	8
第二章 浮游植物图像分割	9
2.1. 基于矩不变的二值化阈值估计	9
2.2. 浮游植物图像分割	10
2.2.1. 滤波处理	11
2.2.2. 感兴趣区域定位	11
2.2.3. 区域生长去除背景	13
第三章 图像矩及其不变性	17
3.1. 非正交矩	17
3.1.1. 几何矩	17
3.1.2. 复数矩	18
3.1.3. 旋转矩	18
3.2. 正交矩	19
3.2.1. 连续正交矩	19
3.2.2. 离散正交矩	23
3.3. 不变性	27
3.3.1. 若干矩的不变性比较	28
3.3.2. 构造几何变换不变性的方法	29
第四章 浮游植物图像矩特征分析	33
4.1. 识别流程	33
4.1.1. 分类器	33
4.1.2. 特征筛选	34
4.2. 一类矩的应用	35
4.2.1. 形状粗分类	35
4.2.2. 形状细分类	35
4.3. 二类矩的应用	36
4.3.1. 形状粗分类	36

4.3.2. 形状细分类.....	37
4.4. 矩特征比较分析	40
第五章 径向 dual-Hahn 矩	41
5.1. 径向 dual-Hahn 矩	41
5.2. 不变性.....	43
5.3. 计算方式.....	43
5.4. 径向 dual-Hahn 矩实验.....	44
5.4.1. 计算时间与图像重建.....	44
5.4.2. 旋转不变性.....	45
5.4.3. 浮游植物图像识别.....	49
第六章 基于 Radon 变换的形状特征描述	51
6.1. Radon 变换.....	51
6.2. Radon 变换的形状特征.....	52
6.2.1. Radon 形状特征提取	52
6.2.2. 相似度度量.....	55
6.2.3. 不变性.....	55
6.3. Radon 形状特征实验	57
第七章 总结与展望.....	67
参 考 文 献	69
硕士期间发表的论文	75
致 谢	77

CONTENTS

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Research Status	2
1.2.1. Phytoplankton Identification	2
1.2.2. Image Moments.....	3
1.3 System Overview	5
1.4 Paper Organization	8
Chapter 2 Phytoplankton Image Segmentation	9
2.1 Binarization Threshold Evaluation Base on Moment Invariant	9
2.2 Phytoplankton Image Segmentation Method.....	10
2.2.1. Filtering Processing.....	11
2.2.2. ROI Mapping	11
2.2.3. Region-growing Method	13
Chapter 3 Image Moments and Invariance	17
3.1 Non-orthogonal Moments	17
3.1.1. Geometric Moments.....	17
3.1.2. Complex Moments	18
3.1.3. Rotational Moments	18
3.2 Orthogonal Moments	19
3.2.1. Continuous Orthogonal Moments	19
3.2.2. Discrete Orthogonal Moments	23
3.3 Invariance	27
3.3.1. Moment Invariance Comparison.....	28
3.3.2. Methods of Construction invariance	29
Chapter 4 Moments Feature of phytoplankton Image	33
4.1. Experiments Methods	33
4.1.1. Classifier	33
4.1.2. Feature Selection.....	34
4.2. Experiments of First-class Moments	35
4.2.1. Rough Shape Classification.....	35
4.2.2. Precise Shape Classification.....	35

4.3. Experiments of Second-class Moments.....	36
4.3.1. Rough Shape Classification.....	36
4.3.2. Precise Shape Classification.....	37
4.4. Conclusion	40
Chapter 5 Radial dual-Hahn Moment	41
5.1. Radial dual-Hahn Moment	41
5.2. Invariant	43
5.3. Calculation Method.....	43
5.4. Experiments.....	44
5.4.1. Reconstruction.....	44
5.4.2. Invariants.....	45
5.4.3. Phytoplankton Identification	49
Chapter 6 Shape Descriptor Based on Radon Transform	51
6.1. Radon Transform	51
6.2. Shape Descriptor	52
6.2.1. Descriptor Extraction	52
6.2.2. Distance Measurement	55
6.2.3. Invariants.....	55
6.3. Experiments.....	57
Chapter 7 Conclusions	67
References.....	69
Publications	75
Acknowledgements	77

第一章 绪 论

1.1. 课题背景及研究意义

海洋浮游生物包括浮游植物和浮游动物,是海洋生态系统中的最主要初级生产者——位于食物链的底层,也是海洋生物资源的重要组成部分。在海洋气候学中,对浮游生物群大量聚集的迅速定位能帮助人们理解气候变化的原因和人类活动对海洋生态环境的影响。赤潮是一种迅速繁殖的微观自然现象,单细胞的藻类是海水变色的原因之一,这是大规模的增长和聚集的红藻类聚集的结果。例如,2009年2月19日的厦门海域,就是由于 *Akashiwo sanguinea* 藻种的大量增长而形成了赤潮。此外,其他一些外来赤潮物种也可能导致大量本地鱼类死亡。

在日常生活范围内,海洋浮游植物具有营养丰富特点,富含重要营养价值的不饱和脂肪酸、蛋白和多糖等物质,在保健食品、药物、生物农药、饲料及污水治理和化妆品等各个领域都展现了广泛的前景。这些应用都离不开对浮游植物种类的有效分类和鉴定。

由于海洋浮游植物的品种繁多、形态各异,浮游植物的分类和统计一直以来都是海洋生态环境观测中一项非常重要但却繁重的工作,对海洋浮游植物的及时监测也是有效预防和监控赤潮的重要方式。传统的海洋浮游植物识别方法需要依靠专业的浮游植物分类人员在显微镜下对样品载片进行辨别、分类,这种人工分类的方式不仅工作量大而且速度较慢,在进行海域等的规模生态环境调查中,需要消耗大量的人力、物力、时间和财力资源,有一定的局限性。

随着计算机的出现,模式识别的迅速发展,它所研究的理论和方法在很多科学和技术领域中都得到了广泛的重视和应用。而随着多媒体的出现,计算机视觉和数字图像处理技术发挥着越来越广泛的作用。浮游生物的图像系统的建立也给水生生物系的研究带来了新的挑战。采用计算机图像处理和模式识别等方法,建立一套用计算机对浮游植物的细胞图像进行自动识别的系统也成为了海洋研究领域的一个发展趋势。

计算机辅助识别和海洋浮游植物的分类,在海洋生态系统中起着重要作用,最近已成为计算机视觉与其它领域相结合的新话题之一。在海洋科学研究和海洋

赤潮研究中,为了满足赤潮监测在科学应用中不断快速的增长需求,建立一种海洋浮游植物的快速检测方法,以减少在显微镜鉴定浮游植物分类学家的数量 and 解决耗费时间长的问题。

1.2. 研究现状

1.2.1. 浮游植物自动识别

早在上世纪 80 年代,就有研究者(Jeffries 等人,1980)^[1]尝试对和图像化后的浮游生物样本进行自动识别和尺寸结构测量。到今天,已有不少学者和研究机构基于藻类细胞的不同特点进行了尝试,主要包括基于藻细胞形态的与计算机技术相结合的图像法^[2];基于藻类色素组成的吸光光度法^[3]、荧光分光光度法^[4,5]和高压液相色谱法^[6];基于藻细胞大小和色素组成的流式细胞仪法^[7];基于藻类释放的超氧负离子或过氧化氢的化学发光流动注射分析法^[8];基于细胞分子系列的分子探针法等^[9,10](高亚辉,2006)。

从图像识别的内容来看,针对浮游生物摄像记录仪(VPR, Video Plankton Recorder)采集的图像进行自动识别和计数始于1997年GLOBEC(Global Ocean Ecosystems Dynamics)的GBFP计划(Georges Bank field program)^[11]。Tang^[12]、Davis^[13]等人也通过VPR采集的图像进行浮游生物进行识别。这种采用VPR的检测系统证实了利用光学图像识别系统的可行性,但其识别的种类还比较有限,而且主要是一些个体较大或群体状的浮游生物,对于个体较小的大多数浮游植物识别比较困难。而近来更常对流氏细胞仪所采集图像进行识别,其中华东师范大学河口海岸国家重点实验室^[14](2002)和Massachusetts大学(2005)等研究人员对流氏细胞图片进行分类尝试和实验,但目前来看能由流氏细胞仪识别的种类比较有限。近年针对浮游生物显微图像的识别正在成为发展的方向,包括2005年的Groningen大学数学与计算科学学院^[15]以及2005年起中国海洋大学的郑海永^[16]等都对浮游对显微图像进行过研究。2007年开始,厦门大学计算机系与生命科学学院硅藻实验室合作进行对我国海洋浮植物显微图像的自动识别,此课题在后续章节会更详细地介绍。

从提取的浮游生物细胞特征来看,普遍用到的包括有Hu矩、Zernike矩、

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库